

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

(4)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11148905 A

(43) Date of publication of application: 02 . 06 . 99

(51) Int. Cl.

G01N 23/225  
G01B 15/00  
G01R 31/302  
H01L 21/66

(21) Application number: 09313205

(22) Date of filing: 14 . 11 . 97

(71) Applicant: TOSHIBA CORP

(72) Inventor: NAGAI TAKAMITSU  
YAMAZAKI YUICHIRO  
MIYOSHI MOTOSUKE

(54) ELECTRON BEAM INSPECTION METHOD AND  
APPARATUS THEREFOR

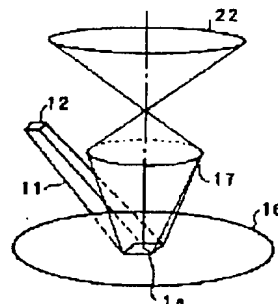
irradiate the inspection region 1a.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To dispense with the scanning of electron beam because an inspection region is irradiated collectively and to inspect a sample without performing image addition from low magnification to high magnification.

**SOLUTION:** A primary optical electronic beam irradiation part 11 emitting electron beam having a rectangular cross section from a linear cathode 12 to irradiate the inspection region 1a of a sample 16, a secondary optical image projection part 17 magnifying the image constituted by the secondary electrons and reflected electrons generated from the inspection region 1a by the irradiation with electron beam to predetermined magnification to form the magnified image on an electron beam detection part and the electron beam detection part 11 forming a detection signal on the basis of the formed image are provided and, herein, the primary optical electron beam irradiation part 11 forms electron beam so as to have an area almost the same as that of the inspection region 1a of the sample 16 to collectively



(4)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-148905

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月2日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 23/225

G 0 1 N 23/225

G 0 1 B 15/00

G 0 1 B 15/00

B

G 0 1 R 31/302

H 0 1 L 21/66

J

H 0 1 L 21/66

G 0 1 R 31/28

L

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-313205

(22) 出願日

平成9年(1997)11月14日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 永井 隆 光

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 山崎 裕一郎

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 三好 元 介

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

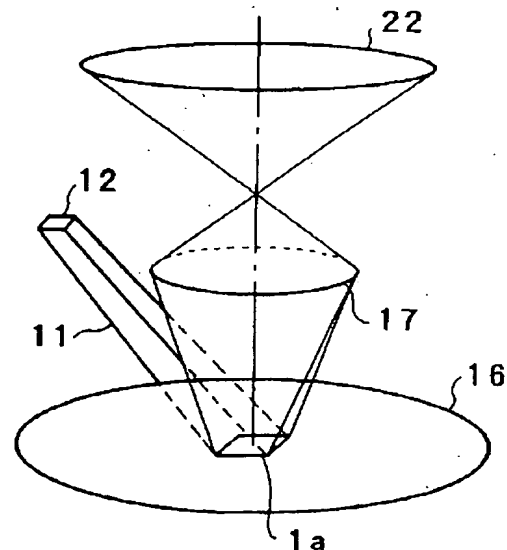
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 電子ビーム検査方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 従来の走査型の電子顕微鏡には走査速度や画像表示速度が低いという問題があり、直接写像型の電子顕微鏡には検査領域に応じて電流密度を低下させることなくビーム形状を変えることができないという問題があった。

【解決手段】 線状陰極12から矩形断面を有する電子ビームを出射して試料16の検査領域1aに照射する一次光学系電子ビーム照射部11と、電子ビームを照射されて検査領域1aから発生した二次電子及び反射電子により構成される画像を所定倍率に拡大して電子ビーム検出部に結像する二次光学系写像投影光学部17と、結像された画像に基づいて検出信号を生成して出力する電子ビーム検出部11とを備えており、ここで、一次光学系電子ビーム照射部11は、試料面16の検査領域1aと略同一面積を有するように電子ビームを形成して検査領域1aに一括照射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】線状陰極から矩形断面を有する電子ビームを出射して試料の検査領域に照射する電子ビーム照射部と、

前記電子ビームを照射されて前記検査領域から発生した二次電子及び反射電子により構成される画像を所定倍率に拡大して電子ビーム検出部に結像する写像投影光学部と、

前記写像投影光学部により結像された前記画像に基づいて検出信号を生成して出力する前記電子ビーム検出部

と、

を備え、  
前記電子ビーム照射部は、前記試料面の検査領域と略同一面積を有するように前記電子ビームを形成して前記検査領域に一括照射することを特徴とする電子ビーム検査装置。

【請求項2】前記電子ビーム照射部は、前記試料表面に対して斜め上方に位置することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム検査装置。

【請求項3】前記電子ビーム照射部は、非回転対称型及び静電型であるレンズを有することを特徴とする請求項1又は2記載の電子ビーム検査装置。

【請求項4】前記線状陰極の電子放出面は、10:1乃至50:1の範囲にあるアスペクト比を有する矩形断面状であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の電子ビーム検査装置。

【請求項5】前記写像投影光学部は、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子を加速しかつ集束するカソードレンズと、

前記カソードレンズにより加速されかつ集束された前記二次電子及び反射電子の開き角を決定する絞りと、

前記絞りにより開き角を決定された前記二次電子及び反射電子の視野を決定する視野絞りと、

前記視野絞りにより視野を決定された前記二次電子及び反射電子により構成される画像を所定倍率に拡大して前記電子ビーム検出部に結像するプロジェクションレンズと、

を有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の電子ビーム検査装置。

【請求項6】前記カソードレンズは静電型カソードレンズであり、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子が通過する試料に近接した箇所に金属製メッシュを有することを特徴とする請求項5記載の電子ビーム検査装置。

【請求項7】前記カソードレンズは静電型カソードレンズであり、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子が通過する第1電極と第2電極とが10°オーム以上の抵抗値を有する高抵抗材を介して接続されていることを特徴とする請求項5乃至6記載の電子ビーム検査装置。

【請求項8】前記カソードレンズは電磁レンズであり、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子が通過する箇所であって前記試料に近接した位置に金属製メッシュを有することを特徴とする請求項5乃至7のいずれかに記載の電子ビーム検査装置。

【請求項9】電子ビーム照射部に含まれる線状陰極から矩形断面を有する電子ビームを出射して試料の検査領域に照射し、

前記電子ビームを照射されて前記検査領域から発生した二次電子及び反射電子により構成される画像を、写像投影光学部を用いて所定倍率に拡大して電子ビーム検出部に結像させ、

この結像された前記画像に基づいて、前記電子ビーム検出部により検出信号を生成して出力するステップを備え、

前記電子ビーム照射部において、前記試料面の検査領域と略同一面積を有するように前記電子ビームを形成して前記検査領域に一括照射することを特徴とする電子ビーム検査方法。

【請求項10】前記電子ビームは、10:1乃至50:1の範囲にあるアスペクト比を有する矩形断面状で、前記線状陰極より出射することを特徴とする請求項9記載の電子ビーム検査方法。

【請求項11】前記電子ビームは、斜め上方の位置より前記試料表面に照射することを特徴とする請求項9又は10記載の電子ビーム検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子ビームを用いて検査を行う方法及びその装置に関し、特に半導体ウェーハの表面に形成されたパターンの検査に好適な検査方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電子ビームを半導体ウェーハ等の試料表面に照射して検査及び観察を行う従来の走査型電子顕微鏡として、図10に示されるような構成を備えたものがある。陰極35から電子ビームが出射され、集束レンズ36と対物レンズ38とによって細く絞られ、走査電極37によってグランドに接地された試料39の表面上を走査する。

【0003】陰極35として、一般に点光源が用いられる。パターンの観察が可能な分解能が得られるように、点光源から出射された電子ビームは、例えば集束レンズ36によって一度集束し、再び対物レンズ38によって再度集束されてスポット径が縮小される。このようにして得られた電子ビームは、走査電極37によって試料39の表面上を走査する。電子ビームを走査された試料39の表面からは二次電子及び反射電子が発生し、検出器40によって検出されて検出信号に変換される。この検出信号は、アンプ41によって増幅された後画像処理部

43に与えられる。電子ビームの走査と同期させる同期信号が走査回路42から画像処理部43に与えられ、この同期信号に同期したタイミングでアンプ41から出力された検出信号の示す情報量に応じてモニタ44の輝度が決定されて表示される。一般に、画像のS/N比を高くするために、アンプ41を介した後、画像処理部43において1フレーム画像ごとに画像信号の加算を行ってモニタ44に表示する。

【0004】従来の電子ビーム検査装置には、特開平5-109381号公報により提案されたものがあり、その概略構成を図11に示す。この装置は、直接写像型反射電子顕微鏡と言われるもので、電子銃1から出射した一次側の電子ビームは照射レンズ系6によって集束され、電子ビームに電界及び磁界を作用させる第1ウィーンフィルタ3で偏向されて試料4の表面上に垂直に入射される。電子ビームを照射された試料4から二次電子及び反射電子が発生し、エミッションレンズ5で加速された後、第1の結像レンズ系2によって第1スクリーン7上に投影され、直接その写像投影像を観察することができる。

【0005】また、エネルギー分析を行うことも可能である。この場合には、第1スクリーン7を光軸から外し、第2ウィーンフィルタ8を用いて所定のエネルギーを有する二次電子及び反射電子のみが直進するように設定する。第2ウィーンフィルタ8を直進した二次電子及び反射電子は、第2結像レンズ系9によって所定の大きさに拡大され、第2スクリーン10上に表示される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述したような従来の電子ビーム検査装置には、それぞれ次のような問題があった。図10に示された走査型電子顕微鏡では、必要な分解能を確保しつつ広い範囲の試料表面を観察するために、走査電極や走査コイル等によって電子ビームを走査する方式が採られている。しかしながら、このような走査方式では、走査の線形性を確保する必要上、走査速度が制限される。さらに、細く電子線を集束する必要があるため、電流量が低下してS/N比が低下する。

【0007】従来は、このような問題を解決するために、二次電子及び反射電子により構成される画像を処理してメモリ等に取り込み、1フレームごとに加算するという処理を行っている。しかし、この方式では画像表示速度が遅くなるという問題がある。

【0008】さらに、特に広い範囲を走査できるように電子ビームを偏向しようとする、電子ビームがレンズ光軸中心をはずれてレンズ収差が生じ、分解能が劣化するという問題がある。

【0009】図11に示された直接写像型反射電子顕微鏡では、一次側の電子ビームを一般的な電子銃1と照射レンズ系2とで生成している。この構成では、例えば2

00 $\mu$ m角以上の大きい試料領域に一括で電子ビームを照射することはできない。また、検査領域が変わり、検査に必要な倍率を変える必要があるような場合に、一次側の電子ビームのサイズを変化させる必要がある。しかし、従来の電子顕微鏡ではこのような場合に電流密度を低下させることなくビーム形状を変えることはできなかった。さらに、エミッションレンズ5を通過する二次電子及び反射電子は、エミッションレンズ5の収差や透過率の影響を受けるが、この点についての考慮がなされていないという問題もあった。

【0010】本発明は上記事情に鑑み、走査型の電子顕微鏡における走査速度や画像表示速度の低下、さらには直接写像型の電子顕微鏡における検査領域に対応するようにビーム形状を変えることができないという問題を解消することが可能な電子ビーム検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の電子ビーム検査方法は、線状陰極から矩形断面を有する電子ビームを出射して試料の検査領域に照射する電子ビーム照射部と、前記電子ビームを照射されて前記検査領域から発生した二次電子及び反射電子により構成される画像を所定倍率に拡大して電子ビーム検出部に結像する写像投影光学部と、前記写像投影光学部により結像された前記画像に基づいて検出信号を生成して出力する前記電子ビーム検出部とを備え、前記電子ビーム照射部は、前記試料面の検査領域と略同一面積を有するように前記電子ビームを形成して前記検査領域に一括照射することを特徴としている。

【0012】ここで前記電子ビーム照射部は、前記試料表面に対して斜め上方に位置してもよく、また非回転対称型及び静電型であるレンズを有するものであってもよい。また、前記線状陰極の電子放出面は、10:1乃至50:1の範囲にあるアスペクト比を有する矩形断面状であってもよい。

【0013】前記写像投影光学部は、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子を加速しかつ集束するカソードレンズと、前記カソードレンズにより加速されかつ集束された前記二次電子及び反射電子の開き角を決定する絞りと、前記絞りにより開き角を決定された前記二次電子及び反射電子の視野を決定する視野絞りと、前記視野絞りにより視野を決定された前記二次電子及び反射電子により構成される画像を所定倍率に拡大して前記電子ビーム検出部に結像するプロジェクションレンズとを有するものであってもよい。

【0014】前記カソードレンズは静電型カソードレンズであり、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子が通過する試料に最も近接した箇所に金属製メッシュを有するものであってもよい。

【0015】前記カソードレンズは静電型カソードレン

ズであり、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子が通過する第1電極と第2電極との間が10°オーム以上の抵抗値を有する高抵抗材を介して接続されていてもよい。

【0016】前記カソードレンズは電磁レンズであり、前記検査領域から発生した前記二次電子及び反射電子が通過する箇所であって前記試料に最も近接した位置に金属製メッシュを有するものであってもよい。

【0017】本発明の電子ビーム検査方法は、一次光学系電子ビーム照射部に含まれる線状陰極から矩形断面を有する電子ビームを出射して試料の検査領域に照射し、前記電子ビームを照射されて前記検査領域から発生した二次電子及び反射電子により構成される画像を、写像投影光学部を用いて所定倍率に拡大して電子ビーム検出部に結像させ、この結像された前記画像に基づいて、前記電子ビーム検出部により検出信号を生成して出力するステップを備え、前記電子ビーム照射部において、前記試料面の検査領域と略同一面積を有するように前記電子ビームを形成して前記検査領域に一括照射することを特徴としている。

【0018】ここで、前記電子ビームは、10:1乃至50:1の範囲にあるアスペクト比を有する矩形断面状で前記線状陰極より出射するものであってもよく、また前記電子ビームは、斜め上方の位置より前期試料表面に照射するものであってもよい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。図1に、本実施の形態による電子ビーム検査方法及びその装置において、一次光学系の電子ビーム照射部（以下、一次光学系という）1により形成された電子ビームが試料16に一括照射され、試料16から二次電子及び反射電子が発生して二次光学系写像投影光学部（以下、二次光学系という）17によって電子ビーム検出系22に投影されるまでの概念を示す。

【0020】線状陰極12から一次側の電子ビームが出射され、一次光学系11によって例えば半導体ウェーハのような試料16の検査領域1aと略同一サイズに形成されて、検査領域1a上に照射される。照射された検査領域1aから、二次電子及び反射電子がその領域全体で発生する。発生した二次電子及び反射電子が二次光学系17で拡大されて、電子検出系22に直接投影される。

【0021】このように、本実施の形態は、電子ビームを走査することなく検査領域1aに一括照射し、領域1a全体から同時に発生した二次及び反射電子が示す二次元情報を電子検出系22に投影して表示する点に特徴がある。

【0022】本実施の形態による電子ビーム検査装置の構成を図2に示す。一次光学系11により電子ビームを試料16に斜めから照射し、試料16から発生した二次

電子及び反射電子を二次光学系17により電子検出系22に拡大投影する。

【0023】ここで、S/N比を向上させるには、検査領域1aに照射する電子ビームの電流密度を高くする必要がある、一次光学系11には以下のようなことが要求される。大電流を得るためには、電子放出面の面積を拡大することが可能な線状陰極12が好適である。さらに、電子放出面の面積の増加による電界強度の低下は、線状陰極12が10:1乃至50:1程度の範囲内にある高アスペクト比の電子放出面を持つように形成することにより、抑制することができる。このような手法を用いることで、長矩方向の電界強度に低下が生じて、短矩方向の電界強度は高いレベルを保持することができるので、全体としての電界強度の低下を防ぎつつ、放出面積を増加させることが可能である。

【0024】線状陰極12から放出された電子ビームは、静電型3電極構成の引き出しレンズ13によって矩形断面を有する電子ビームとなる。この矩形の電子ビームが三重四極子レンズ14によって結像される。三重四極子レンズ（トリプレット）14は非回転対称レンズであって、レンズ収差を補正する作用があり、回転対称レンズと比較しても低収差のレンズを容易に構成することができる。

【0025】引き出しレンズ13及び三重四極子レンズ14は、静電型レンズとして構成することができるので、電磁レンズとして構成した場合よりも容易に小型化することができ、低収差を実現することが可能である。このように、収差が低いことによって試料表面上でビーム開き角を大きくとることができるので、結果としてビーム電流を増加させて高い電流密度を得ることが可能である。

【0026】また、この場合長矩方向をX軸、短矩方向をY軸とした場合、X軸、Y軸の倍率をそれぞれ独立に設定することができる。このため、試料16の表面において任意のアスペクトの矩形断面を有する電子ビームを形成することができる。例えば、1200μm角の検査領域1aに電子ビームを照射させる必要がある場合に、線状陰極12のサイズが600×30μmであるとする、X方向の倍率を2倍、Y方向の倍率を40倍に設定すればよい。このように、X方向の倍率とY方向の倍率とを独立に設定することができるので、線状陰極12のサイズを変えなくとも所望の大きさを持つ検査領域1aに照射することができる。このように、本実施の形態によれば電流密度が高く、かつ任意のサイズの検査領域に一括照射することが可能な矩形断面を有する電子ビームを形成することができる。

【0027】二次光学系17は、上記一次光学系11により一括照射されて試料16表面から同時に発生した二次電子及び反射電子により形成される二次元画像を、電子検出系22に投影するものである。この二次光学系1

7の詳細な断面構造は図3に示されるようであり、カソードレンズ18、絞り19、視野絞り20、プロジェクションレンズ21、電子検出系22、および試料16に負電圧を印加する電源15を備えている。試料16に、上記一次光学系11によって生成された高電流密度を有する電子ビームが試料16の検査領域1aに一括照射され、二次元の電子画像を構成する二次電子及び反射電子が発生する。この二次電子及び反射電子は、試料16に印加された負電圧15によって加速され、カソードレンズ18を通過して所望の倍率で拡大される。

【0028】拡大された電子像は絞り19で集束され、視野絞り20で結像する。ここで、絞り19は開き角を決定するために設けられ、視野絞り20は視野を限定しかつ余分な散乱電子を防いで電子像のS/N比を向上させるために設けられている。視野絞り20を通過した電子像は、プロジェクションレンズ21によって所定の倍率に拡大されて、電子検出系22に投影される。

【0029】このように、本実施の形態によれば、一次光学系11によって一括照射された試料16の検査領域1aの画像情報が、一括して電子検出系22に投影される。二次光学系17では、上述したように二次元の電子像を拡大投影する必要がある。この場合に、レンズの近軸軌道以外の軌道を電子が通過するために、レンズ歪みが発生する。この歪みを抑制するためには、レンズ半径方向において電子が通過する軌道の最大値の十倍程度にレンズ内径を設計するのが望ましい。このようにレンズを設計することで、電子の軌道は近軸軌道とみなすことが可能になり、収差を低減することができる。

【0030】図4に、電子検出系22の詳細な構造を示す。試料16の検査領域1aから発生した二次電子及び反射電子は、電子検出系22の例えばマイクロチャンネルプレート（以下、MCPという）30の入力面において結像して二次元の電子像29を構成する。この電子像29は、蛍光面31を通過することによって光信号に変換される。この光信号は、ファイバーオプティカルプレート32を通過した後、エリアイメージセンサ33により一括してビデオ信号に変換される。

【0031】このように、一次光学系11から一括照射された電子ビームによって発生した二次電子及び反射電子が構成する二次元の電子像がビデオ信号に変換され、図示されていないモニタに写されて、試料16表面を検査することが可能となる。従って、従来のように画像加算という処理を行わなくとも、S/N比が良好な画像を生成して検査することが可能である。

【0032】また、試料16に照射した検査領域1aの二次元の電子像が一括して得られるので、電子ビームを走査することなく検査領域1aの画像を拡大投影して検

査することができ、検査時間が短縮化される。

【0033】二次光学系17において、レンズ性能に最も大きい影響を与えるのは、試料16から加速された電子像が最初に通過するカソードレンズ18である。このカソードレンズ18の詳細な構造を図5に示す。カソードレンズ18は、試料16に負電圧を印加する電源15と、第1電極25、第2電極26及び第3電極27を備えている。試料16から発生した二次電子及び反射電子は、電源15によって負電圧に印加された試料16と、グラウンド電位に接地されたカソードレンズ18の第1電極25との間に存在する電界によって加速される。加速された二次電子及び反射電子は、カソードレンズ18内を通過して静電レンズの作用により絞り19の位置において集束され、視野絞り20上で結像される。このカソードレンズ18によれば、二次電子及び反射電子が遮られることなくかつ低歪みで取り込まれて、視野絞り20において結像される。

【0034】検査時間を短縮するためには、例えば半導体ウェーハのような検査すべき面積が大きいような場合、電子ビームを一括照射する検査領域をできるだけ大きく、例えば200 $\mu$ m角というように設定する必要がある。上述したように、本実施の形態では一次光学系11を三重四極子レンズにより構成しているため、矩形断面形状を有する一次ビームを形成することが可能であり、大きい検査領域に一括照射することができる。

【0035】一方、二次光学系17には、例えば200 $\mu$ m角というように大きい検査領域から発生する二次電子及び反射電子の画像を、低収差でかつ透過率を落とすことなく取り込むことが要求される。このような、大きい検査領域の拡大投影に好適なカソードレンズ18について説明する。

【0036】本実施の形態では、大きい検査領域に電子ビームを一括照射し、発生した二次電子及び反射電子の電子像を拡大投影するが、このときの倍率は低い。このような低倍では、広い検査領域から同時に発生した二次電子及び反射電子を、収差が発生することなく加速し、カソードレンズ18内に取り込むことが要求される。カソードレンズ第1電極25の内径を大きくとると、透過率を落とさずかつ軸外収差を抑制することができる。そして、カソードレンズ内の収差を抑制するためには、中心軸上のポテンシャル分布の変化の割合を滑らかにする必要がある。これは、一般にレンズ性能を大きく左右する収差、特に球面収差Csiと色収差Cciは、文献1に示されているように定義されるからである。

【0037】

【数1】

$$C_{si} = -[1/(H' i^4 \sqrt{\Phi+W})] \int_0^{Z_i} H'^4 F_r (H'/H) dz \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $F_r (H'/H)/\sqrt{\Phi+W}$

$$= -\Phi'/(2(\Phi+W))(H'/H)^3 - D(H'/H)^2 + D'(H'/H)/2 \\ + [\Phi(4)/(32(\Phi+W)) + e B^2/(16m(\Phi+W)) - D^2]$$

とする。

$$D = \Phi''/(4(\Phi+W)) + e B^2/8m(\Phi+W) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$C_{ci} = -(\sqrt{\Phi+W}/H' i^2) \int_0^{Z_i} H'^2 F_t (H'/H) dz \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $F_t(H'/H)/\sqrt{\Phi+W} = 1/(\Phi+W)[\Phi'/(2(\Phi+W)H'/H + D)]$

$$D = \Phi''/4(\Phi+W) + e B^2/8m(\Phi+W)$$

とする。

文献1: Improvement of Beam Characteristics by Superimposing a Magnetic Field Emission Gun A. Takaoka, K. Ura, T. Tomita and Y. Harada J. Electron Microsc., Vol. 38, NO. 2, 83-94, 1989

ここで、Zは軌道の位置、Hはレンズ半径方向、Φはポテンシャル、Bは磁場、Wは初期エネルギー、添字Iは結像面位置における値を示す。

【0038】上記(1)及び(2)式により表されたように、球面収差及び色収差は、静電型レンズでは磁場の項は零である。よって、ポテンシャルΦと、ポテンシャルΦの一階微分から四階微分の積分子とで定義される。このため、ポテンシャルΦの変化が少ないことが、微分値の総和の減少、即ち収差の低下につながる事がわかる。

【0039】本実施の形態によるカソードレンズを図6に示す。このカソードレンズは、第1電極25と、金属製メッシュ23と、シリコンカーバイド(SiC)等の高抵抗材から成る被膜を表面にコーティングしたスリーブ24もしくは高抵抗材で製作されたものと、第2電極26と、第3電極27とを備えている。ここで、抵抗値の目安は約 $10^6$  オームであるが、SiCに限らずSiC以上に高抵抗である材料であれば他のものを用いてもよい。上述したように、本実施の形態では低倍検査を行うという条件が存在する。よって、第1電極25の内径は、軸外収差及び透過率を抑制するために、できるだけ大きくする必要がある。

【0040】しかし、第1電極25の内径を大きくすると、試料16面と第1電極25のポテンシャルの染み出しが生じて、ポテンシャルが急激に変化して電界が不均一になり、収差が発生する。このような現象を緩和するために、第1電極25の内径部分に金属製メッシュ23

が設けられている。

【0041】この第1電極25にメッシュ23を取り付けるだけでは、第1電極25においてポテンシャルが急激に零電位に変化するため、収差が発生することになる。そこで、このような現象を防止するために、第1電極25と第2電極26の間のポテンシャルがなだらかに変化するように、本来は絶縁されている電極25と電極26との間を、上述したような高抵抗材被膜がコーティングされたスリーブ24で接続している。

【0042】このスリーブ24により、第1電極25と第2電極26の間のポテンシャルがゼロ電位から段階的に滑らかに変化していく。通常の静電型レンズの軸上のポテンシャルの変化を図7の点線101に、本実施の形態による上記カソードレンズの軸上のポテンシャルの変化を実線102に示す。ここで、図7における横軸は、試料からカソードレンズに向かう中心軸上の距離を示し、縦軸は軸上ポテンシャルを示すものとする。さらに、横軸に沿って、カソードレンズの第1電極25、第2電極26及び第3電極27のそれぞれの位置を示す。

【0043】実線102を点線101と比較して明らかに、本実施の形態によれば、試料から第3電極27までの間のポテンシャルの変化が滑らかであり、カソードレンズの収差が低減される。

【0044】上記実施の形態における静電型カソードレンズと異なり、他のカソードレンズの一例として電磁コイル28を有する電磁レンズを用いた場合の構成を図8に示す。このカソードレンズでは、試料と、電磁レンズのうちの試料に近い磁極との間のポテンシャルを均一化するために、試料16に近い磁極の穴に金属製メッシュ23が設けられている。このように、電磁レンズで構成したカソードレンズにおいても、金属製メッシュ23を

設けたことにより、試料と金属製メッシュ23との間の電界を乱さず、さらにレンズの内部に電界が入り込むことを防止することができる。よって、試料と金属製メッシュ23との間の電界が均一な分布となり、レンズ内部には電界が影響せず、磁場の形成のみによって所望のレンズ作用を実現することができるので、収差が抑制される。

【0045】金属製メッシュ23の存在によって、磁極の開口部からの電界の染み出しが防止される。また、金属製メッシュ23が設けられていても、電界レンズとして作用しないので、カソードレンズ内の磁場には影響を与えない。このため、金属製メッシュ23はレンズ収差を発生させない。この結果、均一な電界中を低収差で電子ビームが加速されて電磁レンズ内に入り、レンズ内において形成されている磁場によって絞り19に集束する。

【0046】この電磁レンズ型のカソードレンズを用いた場合も同様に、視野絞り20で結像した電子像は、プロジェクションレンズ21によって所定倍率に拡大投影される。

【0047】次に、本発明の他の実施の形態による電子ビーム検査装置について、図9を用いて説明する。この装置は、図9に示されたように、一次側の電子ビームを試料16に垂直に入射させるためにウィーンフィルタ34を組み込んでいる。線状陰極12から引き出しレンズ13を介して出射された電子ビームは、三重四極子レンズ14によって電流密度の低下を招くことなく任意サイズの矩形断面を持つ電子ビームに形成された後、ウィーンフィルタ34に入射する。この電子ビームは、ウィーンフィルタ34によって偏向され、カソードレンズ18を通して試料16表面に垂直に入射する。試料16から発生した二次電子及び反射電子は、一次側の電子ビームとは逆向きの速度を持つ。よって、二次電子及び反射電子で構成される二次側の電子ビームは、ウィーン条件が成立することから電磁場の力が釣り合って、偏向することなく二次光学系17aの中心軸にそって直進する。

【0048】一次側の電子ビームと二次側の電子ビームとは、カソードレンズ18内を逆向きに入射する。そこで、一次ビームがカソードレンズ18の入射前後でサイズがa倍に拡大され、二次ビームがカソードレンズ入射前後でb倍に拡大されるとすると、以下の(4)式が成立する。

$$a \times b = 1 \quad (4)$$

よって、一次側の電子ビームのサイズを決定する場合にも、カソードレンズ18を含めた光学系全体で考える必要があることがわかる。例えば、一次ビームがカソードレンズ18に入る前に100 $\mu$ m角の大きさを有していた場合、カソードレンズが一次ビームに対して1/2倍の倍率に設定されていたとすると、一次ビームは50 $\mu$ m角で試料16表面に入射する。50 $\mu$ m角で一括照射

された領域1aから同サイズの二次ビームが発生し、カソードレンズ18を一次ビームとは逆向きに通過して2倍に拡大され、100 $\mu$ m角の二次ビームが得られる。

【0049】ここで、一次ビームが領域を一括照射するため二次ビームのサイズは大きくなる。従って、二次ビームがウィーンフィルタ34の近軸軌道を外れるので収差を発生する。そこで、一次ビームと二次ビームのレンズ半径方向の最大軌道が、近軸領域、即ちレンズ内径の20~30%内に収まるようにレンズ設計を行う必要がある。例えば、ウィーンフィルタ34の内径を、一次及び二次ビームの軌道の最大値の十倍程度に設計することが望ましい。また、本実施の形態では一次ビームを試料16とカソードレンズ18との間に斜め入射する必要がないので、試料16とカソードレンズ18との距離を短く設計することができる。この結果、カソードレンズ18の低収差化が可能である。

【0050】上述した実施の形態はいずれも一例であって、本発明を限定するものではない。例えば、上記実施の形態では一次光学系11において三重四極子レンズ14を用いているが、二重四極子レンズ(ダブレット)、あるいは八極子レンズ等の多極子レンズを用いてもよい。プロジェクションレンズ21は、上記実施の形態では磁界レンズよりも小型化が可能な静電型のアインツェルレンズで構成されている。しかし、プロジェクションレンズ21は、アインツェルレンズに限らず、以下の文献2において提案されているような静電型の非対称レンズで構成してもよい。

文献2: An asymmetric electrostatic lens for field-emission microprobe applications J. Orloff and L. W. Swanson J. Appl. Phys. 50(4), April 1979

#### 【0051】

【発明の効果】本発明の電子ビーム検査方法及びその装置によれば、検査領域を一括照射するため電子ビームを走査する必要がなく、よって低倍から高倍まで画像加算を行うことなく試料を検査することができる。また、電子ビームの走査に同期させて画像をモニタしたり画像加算処理を行うための装置が不要であるため簡易に装置を構成することができる。また、矩形陰極と静電型レンズとで一次光学系を構成する場合には、大電流の矩形断面を有する電子ビームを形成することができ、良好なS/N比の画像を得ることができる。カソードレンズに金属製メッシュと高抵抗材を用いたスリーブとを設けた場合には、低倍領域の検査において低収差で高い透過率のレンズを実現することができるため、一括照射が可能な検査領域の拡大が実現され、検査時間の短縮が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による電子ビーム検査装置において、一次電子ビームが試料面に照射され、発生した二次電子ビームが電子検出系に投影されるまでの概



13

14

念を示した斜視図。

【図2】同電子ビーム検査装置の構成を示した断面図。

【図3】同電子ビーム検査装置における二次光学系の構成を示した断面図。

【図4】同電子ビーム検査装置における電子検出系の構成を示した断面図。

【図5】同電子ビーム検査装置における静電型カソードレンズの構成を示した断面図。

【図6】同電子ビーム検査装置における静電型カソードレンズの他の構成を示した断面図。

【図7】従来の電子ビーム検査装置と同実施の形態による電子ビーム検査装置におけるそれぞれのカソードレンズ周辺のポテンシャルの変化を示したポテンシャル線図。

【図8】同電子ビーム検査装置における電磁カソードレンズの構成を示した断面図。

【図9】本発明の他の実施の形態によるウィーンフィルタを内蔵した電子ビーム検査装置の構成を示した断面図。

【図10】従来の走査型電子顕微鏡の構成を示した断面図。

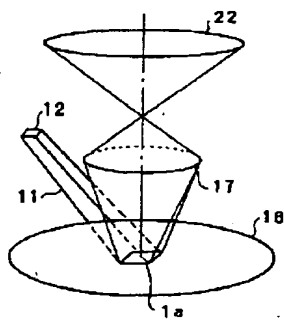
【図11】従来の直接写像型反射電子顕微鏡装置の構成を示した断面図。

【符号の説明】

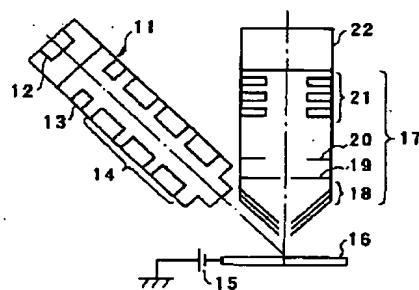
1 a 検査領域

- 1 1 一次光学系
- 1 2 線状陰極
- 1 3 引出しレンズ
- 1 4 三重四極子レンズ
- 1 5 電源
- 1 6 試料
- 1 7 二次光学系
- 1 8 カソードレンズ
- 1 9 絞り
- 10 2 0 視野絞り
- 2 1 プロジェクションレンズ
- 2 2 電子検出系
- 2 3 金属製メッシュ
- 2 4 スリーブ
- 2 5 第1電極
- 2 6 第2電極
- 2 7 第3電極
- 2 8 電磁コイル
- 2 9 入射電子
- 3 0 マイクロチャンネルプレート
- 3 1 蛍光面
- 3 2 ファイバーオプティカルプレート
- 3 3 エリアイメージセンサ
- 3 4 ウィーンフィルタ

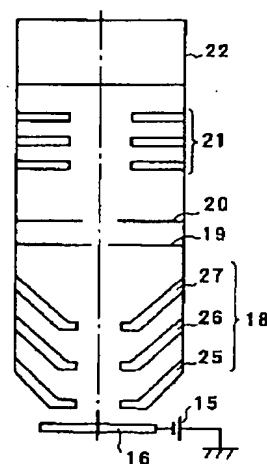
【図1】



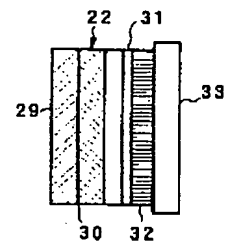
【図2】



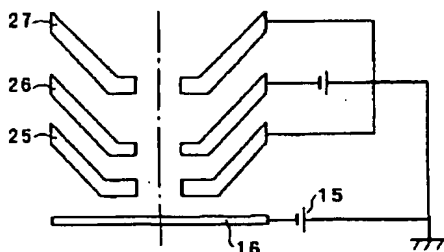
【図3】



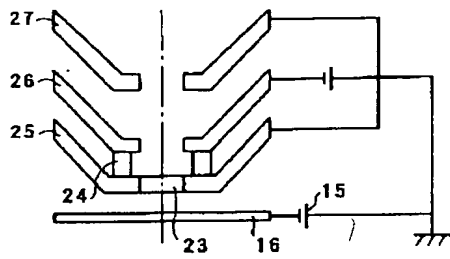
【図4】



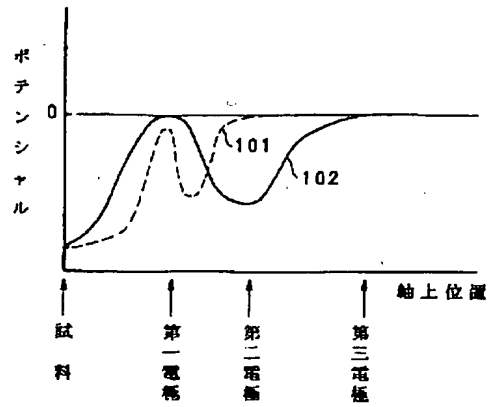
【図5】



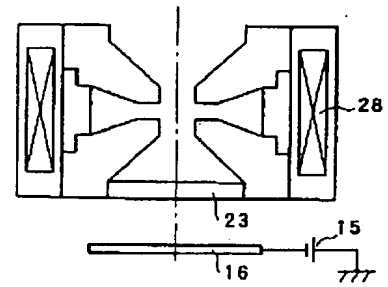
【図6】



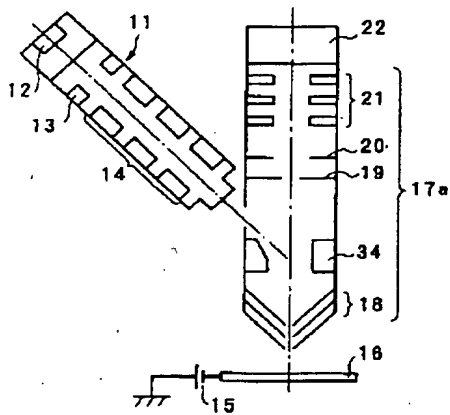
【図7】



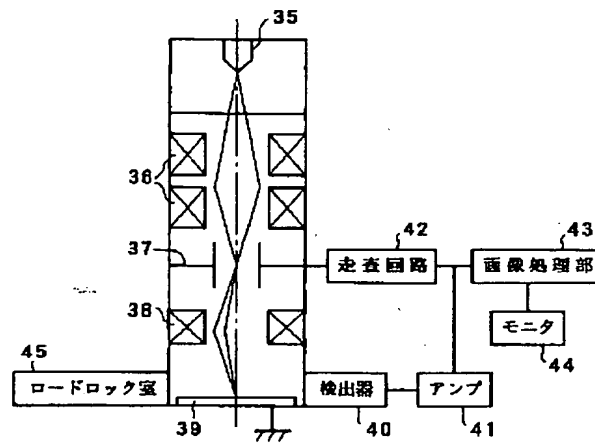
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

